ADANSONIA, ser. 2, 11 (1) 1971

LA DESTRUCTION DES FORÊTS ET DES SOLS EN PAYS TROPICAL

par A. AUBRÉVILLE

LE CAS DE MADAGASCAR

Une conférence internationale sur la Protection de la Flore et de la Faune s'est tenue à Tananarive au mois d'octobre de l'année 1970 qui devait être selon les plus hautes autorités scientifiques et politiques celle de la Protection de la Nature, des ressources naturelles et de l'« environnement » — ce dernier mot neuf et magique sur lequel on compte pour soulever l'intérêt et la passion des foules. Le choix de Madagascar pour évoquer les dangers qui menacent l'habitat humain était très pertinent parce que peu de pays autant que la Grande Ile sont exposés aux conséquences graves de la destruction généralisée des forêts et de l'érosion. L'annonce de cette Conférence m'a fait me souvenir qu'à la suite d'une mission en Afrique centrale et à Madagascar accomplie en 1948 j'avais rédigé un rapport exposant mes observations et les alarmes sur la situation des forêts et de l'érosion à Madagascar. J'ai retrouvé et relu ce manuscrit demeuré inédit — bien que le professeur HUMBERT eût alors souhaité sa publication. Il m'a paru qu'après plus de 20 années il était toujours d'actualité, et qu'il pouvait être utilement mis sous les yeux de ceux qui aujourd'hui ont la charge d'intervenir dans des drames de la Nature. Il intéressera je crois tous les naturalistes et plus spécialement les forestiers et les botanistes. C'est en pensant surtout à ceux-ci que j'ai prévu son édition dans « Adansonia », revue de la botanique tropicale conçue dans un sens très large. J'ai retranché dans mon vieux rapport tout ce qui concernait les problèmes de la politique forestière appliquée alors à Madagascar, ne retenant que la partie descriptive des faits. J'ai ajouté à la fin quelques commentaires inspirés par une expérience qui s'est affirmée depuis le voyage de 1948, après 20 années de réflexions comparées sur les pays tropicaux en général.

*
* *

LES PHÉNOMÈNES D'ÉROSION A MADAGASCAR

Madagascar est un des pays du monde où les phénomènes d'érosion sont les plus actifs, tant par leur intensité que par les étendues qu'ils affectent. Ceux que j'ai vus en Afrique Occidentale et Centrale, puis sur

Source : MNHN, Paris

les hautes terres du Congo oriental, de l'Ouganda et du Kenya, sont insignifiants comparés à ceux qui se manifestent sur la Grande Ile. Ce fut pour moi une impression bouleversante en arrivant pour la première fois au-dessus du sol malgache par une admirable journée d'août, où la limpidité et la luminosité de l'air faisaient ressortir, vus de 3 000 mètres d'altitude, tous les détails du relief avec une précision parfaite, d'apercevoir entre la côte de Soalala et Tananarive, ces étendues nues, désertiques, grises ou rougeâtres, sculptées chaotiquement par l'érosion, ces reliefs bouleversés, et surtout ces plaies rouges profondes, vivantes, creusées par l'érosion actuelle, qui s'appellent des « lavaka ». Ces ravinements actifs se ramifient parfois extraordinairement vers les sommets en dessinant des figures de feuilles de fougère ou de gel. Dans le fond des ravines se voient souvent des filets de végétation arbustive. Ce sont des éléments de la forêt disparue, restes qui se regroupent dans ces couloirs taillés à vif dans la terre rouge.

Toutes les formes d'érosion peuvent se voir à Madagascar, suivant les régions et leurs sols. Le géographe y découvre comment se modèle la face d'un pays en période d'érosion active.

La forme d'érosion en lavaka est la plus saisissante et la plus commune sur les hauts plateaux. Un lavaka est un entonnoir qui se creuse sur le versant d'une colline, évasé vers l'amont, rétréci vers l'aval. Il se termine par une ravine par laquelle se déversent les eaux limoneuses après les pluies, jusqu'au thalweg. Le lavaka, dans son faciès le plus simple, découpe, sur la surface de la colline un triangle dont la base large est parallèle à la crête et dont le sommet de l'angle opposé, le plus aigu, est en contrebas. Les parois du lavaka sont verticales; elles sont taillées dans des argiles latéritiques; le fond est creusé en V aigu. Certains lavaka sont très élevés, leur hauteur totale mesurée depuis la pointe basse jusqu'au niveau de la falaise supérieure peut dépasser cent mètres. La hauteur de cette falaise terminale peut atteindre 20 mètres ou plus.

Plusieurs lavaka peuvent prendre naissance les uns à côté des autres, puis se rejoindre par les faces voisines. Il se forme alors des cirques compliqués. Les sortes d'isthmes qui séparaient d'abord deux lavaka voisins deviennent très minces, se réduisent finalement à des arêtes aiguës, déchiquetées, ou encore se découpent en laissant des fausses cheminées de fées, pyramides tronquées au sommet, dont le plan supérieur demeuré en place, garni de graminées, indique la pente et le niveau de l'ancien sol. Dans les grands lavaka composés, en période d'activité, les arêtes rayonnantes, jalonnées de pyramides sculptées, sont nombreuses; l'aspect rappelle alors celui des séracs des glaciers. L'érosion creuse encore le fond des lavaka en gorges étroites, aux murs abrupts, en arêtes dentelées, en aiguilles. La couleur, autant que la sculpture rend ces grands lavaka spectaculaires. La photographie n'en rend pas facilement l'étrangeté, à moins qu'elle ne soit prise lorsque le soleil est incliné vers l'horizon, et que de vigoureux contrastes d'ombre et de lumière jouent dans le décor du lavaka. La couleur rend plus sensibles les plaies de l'érosion. Les lavaka sont creusés dans des argiles latéritiques, brun-rouge dans la couche

Source : MNHN, Paris

supérieure, rouge vif en dessous, et souvent, en profondeur, dans des argiles kaoliniques, dont la blancheur rehausse l'éclatant rouge des couches supérieures. Les aiguilles et les arêtes prennent toutes sortes de nuances, du rose tendre à l'orangé et au jaune ocre. Plus les tranches sont récentes, plus les coloris sont vifs. Ceux-ci se ternissent au contraire sur les vieilles surfaces, qui noircissent à la longue.

Certains grands lavaka devenus d'étranges cirques sont impressionnants et beaux par leur couleur.

Le goulot de sortie est plus ou moins étroit; il communique avec la vallée où se déposent les sables grossiers. Dans la région d'Ambatondrazaka, le fond de ces petites vallées où débouchent plusieurs lavaka est formé d'un large plan de sable où divague un lit mineur. Il est envahi par une végétation arbustive composée surtout de dinga dinga (*Psiadia altissima*), arbuste à feuillage persistant vert clair qui contrastait au mois d'août avec le tapis gris sale de graminées (bozaka) des pentes. L'aspect de ces vallées ensablées est celui d'oueds montagnards en Afrique du Nord ou encore de koris dans l'Aïr.

NAISSANCE, VIE ET MORT DES LAVAKA.

Les lavaka s'ouvrent dans la partie supérieure des pentes. Ils débutent, dans certains cas tout au moins, par une crevasse qui s'allonge sensiblement suivant une ligne de niveau. C'est l'indice précurseur du glissement d'un bloc de terre, d'un décollement le long de la fissure supérieure et d'un affaissement. Il est possible que le glissement se produise aussi pour la masse d'argile latéritique comprise entre deux ravineaux de pente convergents. J'ai vu certains lavaka récents formés incontestablement par un effondrement; la surface initiale couverte d'une prairie de bozaka était presque intacte mais affaissée dans la cavité qui s'était, semble-t-il, creusée sous elle. Il est probable que l'origine des lavaka soit ainsi due souvent à des glissements de couches semi-profondes d'argile friable délayée par les eaux d'infiltration au contact de couches sous-jacentes argileuses plus dures.

Quand le lavaka a creusé son trou, les eaux d'infiltration et de ruissellement qui s'y déversent entraînent les boues argileuses et sculptent le fond.

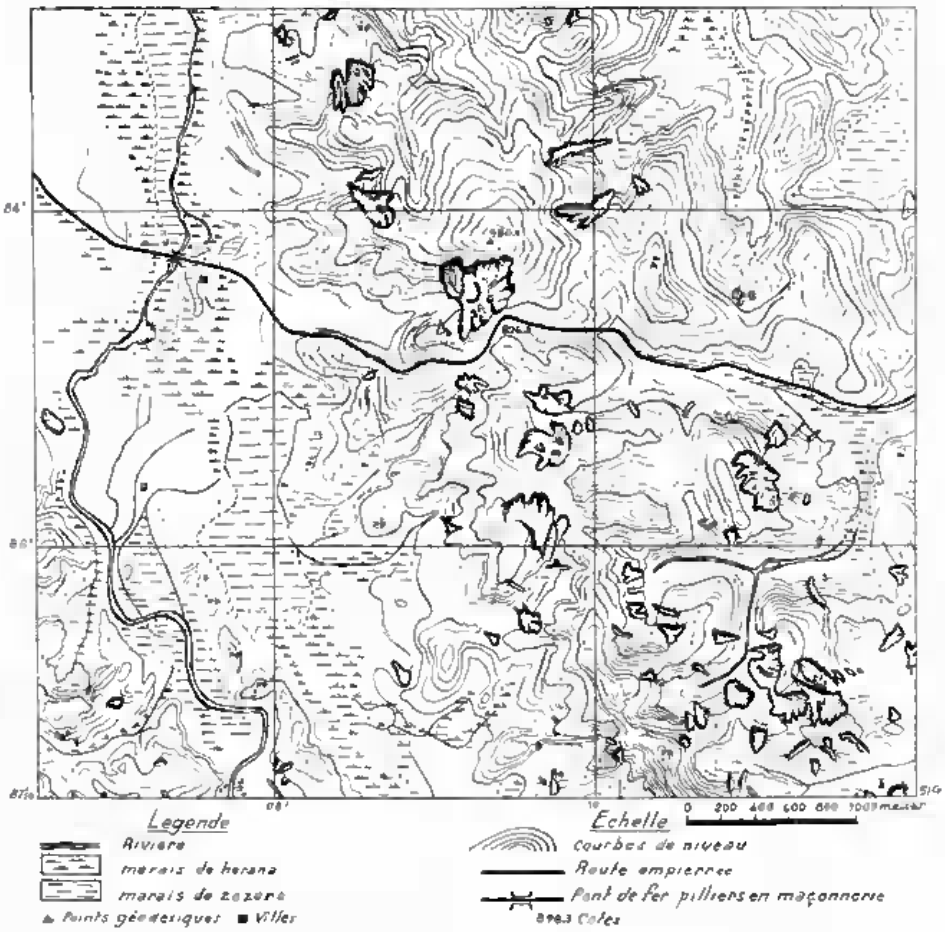
Dans leur phase active, les lavaka progressent en tête de ravin, latéralement aussi, tendant à se creuser en demi-cirque. Des poches peuvent aussi se former en aval, qui s'allongent parfois en branches. La falaise verticale d'amont avance donc vers la crête à mesure que des pans de parois s'effondrent. Il arrive que deux lavaka avançant sur les deux versants opposés d'une colline se rejoignent au sommet et coupent alors la crête. Ce fait est plutôt rare et en général les lavaka s'arrêtent le plus souvent un peu en dessous de la ligne de faîte.

Certains lavaka sont actifs, comme en témoignent leurs tranches rouge vif; d'autres, au contraire, sont éteints. Leurs parois devenues noirâtres

Source : MNHN, Paris

LES LAVAKA DE LA RÉGION D'AMBATONDRAZAKA

D'après les levés Longuefosse en 1915.



8

sont souvent envahies par les graminées et même par une végétation arbustive, qui a commencé par envahir les fonds. Même sur les lavaka morts les parois demeurent longtemps abruptes et parfois verticales. Dans les très anciens lavaka les arêtes s'arrondissent et les formes s'adoucissent. Certains grands lavaka ont une activité restreinte; des branches sont éteintes, d'autres, en tête, paraissent encore actives.

Pourquoi les lavaka s'arrêtent-ils spontanément après s'être rapprochés des crêtes? Je pense que dans sa progression ascendante le lavaka se creuse toujours plus et qu'à un certain niveau le fond touche les couches dures du sol, non décomposées entièrement en argile latéritique, et peut-être aussi la roche elle-même. A partir de ce moment, il est stabilisé, le glissement n'étant plus possible. Lorsqu'un lavaka dépasse la ligne de

Source : MNHN, Paris

crête, c'est que la couche d'argile latéritique a une profondeur suffisante pour que le fond du lavaka, lorsqu'il est arrivé au sommet de la colline, ne soit pas au contact de l'horizon profond de décomposition de la roche. Plus les couches meubles d'argile latéritique sont épaisses, plus le lavaka peut progresser vers l'amont; au contraire, lorsque l'épaisseur est relativement faible, le lavaka est rapidement stoppé.

Il serait évidemment intéressant de connaître la vitesse de progression des lavaka. A l'aide d'une carte au 1/20 000 de la région du lac Alaotra, établie avec beaucoup de détails et d'exactitude par le conducteur Longuefosse en 1915, et où en particulier les lavaka étaient indiqués avec beaucoup de précision, j'ai pu faire quelques constatations. En comparant les indications de la carte avec les lavaka actuels situés à proximité de la route d'Ambatondrazaka à Moramanga, à partir de cette première localité, j'ai pu observer que, sauf deux petits lavaka, tous sont portés sur la carte Longuefosse, avec des formes très sensiblement les mêmes. Certains sont fixés partiellement ou complètement par la végétation, mais il est impossible de savoir si cette extinction s'est produite avant ou après 1915. Dans quelques cas, des poches nouvelles se sont creusées, ce qui laissait supposer par ailleurs la fraîcheur des coupes. En un point, le rebord à pic d'un lavaka s'est rapproché de la route dont il n'est plus guère qu'à une vingtaine de mètres, alors que sur la carte il en est distant de 40 mètres environ. Il semble donc que les lavaka s'agrandissent avec une vitesse moyenne assez faible.

Dans ces conditions, les grands lavaka seraient très anciens.

CONDITIONS DE FORMATION DES LAVAKA.

Les lavaka typiques se produisent toujours dans les couches d'argile latéritique profondes. Il n'y en a pratiquement pas sur les sols volcaniques de l'Ankaratra. Le lavaka est caractéristiquement une forme d'érosion de la région centrale des Hauts Plateaux.

La pente n'influe pas sur la formation des lavaka. Certains s'établissent sur des pentes assez raides, mais en général ils se creusent dans des modelés arrondis de collines, de croupes, et de mamelons, à pentes médiocres ou faibles. C'est un phénomène assez extraordinaire que d'observer combien certaines ondulations d'amplitude modérée du relief sont profondément ouvertes de lavaka béants. Ils naissent généralement vers les pentes supérieures des collines et non à leur pied; il ne s'agit donc pas d'érosion par ravinement d'origine torrentielle sapant la base des versants. L'explication de la facilité d'érosion des niveaux supérieurs s'opposant à une certaine stabilité des niveaux inférieurs des pentes est à trouver.

La nature du sol est la cause directe du phénomène. Une condition de sa formation est la dénudation du sol. Les lavaka sont une gangrène des Hauts plateaux couverts de maigres prairies de bozaka. Lorsque le sol est boisé, ils ne se produisent pas. Je n'en ai pas vu dans la forêt de l'Est établie sur les rebords orientaux du plateau central.

Source : MNHN, Paris

Pl. 1. — En haut : Montagnes déforestées sur le pourtour du lac Alaotra. Au fond le Mt. Ankaraka (1415 m). Lavaka dans les argiles latéritiques. Prairie secondaire brûlée annuellement (env. 900 m alt.) (Photo Humbert). — En bas : Vallée de la Saharenana. Colline profondément ébréchée par des lavaka. Au fond la silhouette de la montagne d'Ambre (Photo Belin).

Source : MNHN, Paris

L'influence de la nature des argiles latéritiques et de l'épaisseur de leur couche est montrée par les très curieuses tranchées du pays Imérina. Les Mérinas autrefois installaient leurs villages au sommet des collines pour des raisons militaires. Ils creusaient autour du village une tranchée plus ou moins circulaire, puis une, ou des tranchées, descendant la ligne de plus grande pente jusqu'au thalweg pour l'écoulement des eaux. L'érosion a surcreusé les tranchées, quelquefois profondément; ce sont de véritables ravins, ou des fossés profonds, qui crevassent les collines autour des villages disparus. Le survol de certaines parties du pays hova est très curieux en faisant voir ces anneaux en creux qui couronnent les sommets des buttes. Il y a quelquefois deux anneaux concentriques. Le découpage géométrique de certaines collines leur donne l'aspect de citadelles abandonnées. Depuis longtemps les villages ont quitté leurs perchoirs pour les vallées, et il reste quelquefois dans l'enceinte des fourrés de sisals avec leurs hampes vert jaune clair. Les ravins sont le plus souvent envahis par une végétation forestière d'arbustes et d'arbres. Ils ne sont plus en activité. L'érosion a été arrêtée lorsqu'elle a atteint certaines couches du sol, à des niveaux variables. A Tananarive, s'élève une colline (Colline du Fort Voiron à Tsimbazaza), curieuse par de profondes tranchées rayonnant du sommet à la base, suivant des lignes de pente. On raconte que la reine Ranavalo voulut faire disparaître cette colline qui gênait, de son palais, la vue sur la plaine des rizières, et qu'elle fit alors creuser ces fossés, dans l'espoir que l'érosion s'y développant, décaperait naturellement toute la butte. L'érosion qui sculpte si volontiers les sols de Madagascar, dans ce cas particulier où son aide était sollicitée, ne fit cependant pas son office et la colline est demeurée enlaidie seulement par ses crevasses artificielles. Il est probable que la courbe d'argiles latéritiques meubles était trop peu profonde sur cette colline pour que l'érosion y ait pu, à partir des tranchées, s'étaler en lavaka.

L'homme est la cause indirecte des lavaka, puisque la dénudation des argiles latéritiques, par la déforestation, lui est imputable. Mais il n'en est qu'occasionnellement la cause directe. Par exemple, des lavaka se forment à partir d'une route de versant, ou encore dans des terrains ravinés par des pistes de bœufs. Cependant, en général, les lavaka naissent en un lieu plutôt qu'en un autre, sans cause apparente. Ils sont les manifestations d'une maladie généralisée des sols malgaches, comme une maladie du sang peut provoquer des éruptions cutanées en des points quelconques du corps.

POSSIBILITÉS D'ENRAYER LE DÉVELOPPEMENT DES LAVAKA.

Dès qu'un lavaka s'est ouvert, il paraît difficile de l'arrêter par des travaux de consolidation des terres. Il s'arrêtera un jour, mais spontanément. Des reboisements en amont sont-ils susceptibles de retarder son avance? J'ai vu, à plusieurs reprises, de belles plantations d'eucalyptus faites sur des collines « lavakées ». Les falaises de tête avaient atteint la

Source : MNHN, Paris

lisière des plantations, et les arbres de bordure avaient déjà une partie de leur enracinement dans le vide. Il conviendrait de suivre périodiquement la progression de ces lavaka attaquant des terrains apparemment solidement fixés en surface par des boisements d'eucalyptus, pour observer si effectivement il y a un arrêt ou un ralentissement dans leur avance; l'observation que nous avons faite sur le grignotement des bords des plantations par l'érosion ne signifie pas que celles-ci soient sans effet. Par un autre moyen il est sans doute possible de rapprocher la date de fixation des lavaka. Spontanément en effet, des buissons et des arbustes colonisent d'abord les creux, puis les parois des lavakas où l'érosion n'est plus très active. Des arbres s'installent ensuite. Cette colonisation par la végétation forestière donne au paysage, vu d'avion, l'aspect remarquable d'une forêt découpée en algue ou en feuille de fougère, aux fines et multiples ramifications. En dehors des ravins le pays est uniformément et absolument nu. Il semble que, par des semis des espèces naturellement envahissantes, il soit possible de reboiser facilement les pentes fixées des lavaka, d'où ultérieurement les arbustes gagneront vers l'amont.

EROSION EN CIRQUES.

Le lavaka est une forme d'érosion typique, qui semble particulière aux argiles latéritiques des Hauts plateaux malgaches. Elle est assez voisine de la forme connue sous le nom de cirque d'érosion, que j'ai déjà signalée au Gabon, et au Moyen Congo aux environs de Pointe Noire, dans les régions sédimentaires littorales. Au Gabon certains cirques en activité, sont impressionnants par leurs dimensions. Les lavaka ont cependant des caractères spéciaux de forme et de situation topographique. On retrouve l'érosion en cirques à Madagascar, dans les terrains sédimentaires comme au Gabon, à basse altitude. Elle se manifeste localement dans la région de Majunga, parfois à grande échelle. J'ai vu près de Majunga, l'érosion progresser profondément dans des argiles rougeâtres en surface, blanchâtres dessous, qui paraissaient véritablement fondantes. Sur la Côte Est, entre Brickaville et le cordon littoral, des sédiments (crétacés?), traversés par la voie ferrée, forment un bas plateau mollement ondulé d'une altitude de 40 mètres environ. Les mamelons sont très fréquemment hachés de sortes de lavaka, parfois éteints et alors envahis par la végétation arbustive.

EROSION EN COULOIRS.

Dans les terrains sédimentaires de l'Ouest, de nombreuses autres manifestations d'érosion sont visibles. La plus curieuse peut-être est celle de ravins en U qui, à partir de thalwegs, remontent les versants, suivant des pentes faibles, et s'allongent en profonds couloirs, parfois sur des centaines de mètres. Ce ne sont plus des lavaka s'étalant en cirques, mais des petits canyons de plusieurs mètres de profondeur, qui se creusent par-

Source : MNHN, Paris

fois beaucoup, s'élargissent aussi en profonds ravins en V très ouverts. J'ai observé ce type d'érosion très développé dans l'Isalo, vu de la route de Tuléar à Ihosy. En se dirigeant de Sakaraha vers le col des Tapias, vers 800 mètres d'altitude, le paysage devient absolument désertique. Des ravins en U entaillent longuement dans le sable rouge de grands plateaux nus et dévalent au pied d'une ligne de falaises, à crête horizontale. Leur présence paraît extraordinaire dans ce pays desséché qui reçoit certainement une faible quantité d'eau de pluie. D'une façon générale, l'érosion est intense et en pleine activité dans la haute vallée de la Malio, dans l'Isalo. La piste, qui suit une ligne de crête entre cette vallée et le bassin du Fiherenana, serpente en contournant les têtes des ravins terminés par des falaises à pic. En un point il y a très étroitement le passage entre deux falaises de chaque côté de la crête, mais plus pour longtemps.

Il semble là qu'il s'agisse d'un phénomène d'érosion remontante. La rapidité de creusement de ces couloirs est grande. Entre l'Onilahy et le Fiherenana, près de la route de Sakahara à Betioky, j'ai vu un de ces ravins qui suivait exactement la route. Il débouchait dans une petite rivière. Il était dû simplement au surcreusement du fossé d'écoulement des eaux de la route. Il pouvait avoir 4 mètres de large et de profondeur; les parois étaient taillées à pic dans la terre sablo-argileuse rouge.

A la tête, un arbre (sakoa) était demeuré vivant, suspendu au-dessus du ravin. Ses longues racines traçantes se tendaient comme des câbles au-dessus du vide; l'une d'elle à plus de 10 mètres du pied de l'arbre. La solide et profonde racine pivotante était également découverte. L'arbre se tenait encore debout et droit, grâce à une partie de son enracinement qui demeurait encore accrochée d'un côté du ravin. J'avais ainsi la preuve nette d'une érosion récente active.

EROSION EN NAPPE.

Dans l'ouest encore, l'érosion en nappe, décapant les couches superficielles du sol, creusant çà et là des ravineaux, autour de buttes portant des arbustes aux racines partiellement déchaussées, enlevant les parties meubles et laissant des champs de quartz, ou de cailloux en général, transforme de grandes étendues en déserts.

Ces phénomènes sont remarquables sur les terrains cristallins vers Ampaniby, dans le Sud, entre l'Ilinta et la Menanandra, dans une région de très faible pluviosité et de faible altitude (200-250 m). Partout on voit des bancs de quartz recouvrant un sol rouge. Des hoqueteaux subsistent sur les crêtes dans des rocailles. Il n'y a presque pas de tapis herbacé. Le pays apparemment peu habité est cependant parsemé de grands tombeaux de pierres mahafaly qui indiquent une ancienne occupation par l'homme.

Je reverrai les mêmes phénomènes d'érosion avec laisses de champs de quartz, un peu plus au nord, dans la Sakamena, dans un pays très sec, mais encore partiellement couvert de belles forêts tropophiles.

Source : MNHN, Paris

Pl. 2. — En haut : Plateau en cours d'érosion dans la région du lac Alaotra. Couloirs d'érosion envahis en aval par une végétation ligneuse et prolongés en tête par des ravins et des lavaka actifs (Photo S.G.A.). — En bas : Le même plateau. Anciens lavaka en cirque, couloirs d'érosion fixés, coupés par une végétation forestière, et lavaka actifs. — Photo S.G.A.

Source : MNHN, Paris

BAD LAND.

On appelle ainsi les terrains ravagés par l'érosion sous toutes ses formes, au modelé raviné, chaotique, sans un pouce de sol intact. J'ai vu de tels « bad lands » à Madagascar sur la route de Morondava à Ambositra, entre Mahabo et Malaimbandy (entre la Morondava et la Sakény). Sur certaines buttes des groupes d'arbustes (genre *Terminaliopsis*) ont leurs enracinements traçants presque complètement déchaussés.

AUTRES FORMES D'ÉROSION.

D'autres phénomènes d'érosion, moins apparents, moins graves et moins spectaculaires se voient dans la région des Hauts plateaux. Ils aboutissent tous au décapage du sol superficiel.

Les collines et buttes « griffées » sont une vision ordinaire de ces hauts plateaux. Un peu au-dessous des crêtes, les pentes supérieures sont sillonnées, suivant les lignes de pente, de ravineaux rouges, plus ou moins parallèles, ou convergents, comme si le sol rouge avait été griffé par quelque animal gigantesque. Ailleurs, et communément, l'érosion se fait par décollement des terres, parfois sur des versants entiers, et surtout à partir et un peu en-dessous des crêtes. Des pans de terre des couches superficielles glissent sur les couches sous-jacentes, entraînant avec eux leur bozaka gris (en août), tandis que les surfaces érodées, mises à nu, apparaissent en taches rouges.

Sur les sommets eux-mêmes souvent la roche affleure. Le sol est souvent très superficiel et aride; il ne porte plus qu'une steppe herbeuse maigre.

De toutes celles que j'ai pu parcourir, peu de régions sont épargnées par l'érosion accélérée. Je citerai : les hauts terres volcaniques de l'Ankaratra, bien que totalement dénudées; la forêt de l'Est qui semble peu touchée; les « tampoketsa », hauts plateaux ondulés protégés probablement par des couches superficielles cuirassées de concrétions ferrugineuses, en particulier l'Horombé au sud d'Ioshy; et le bas-plateau Androy dans l'extrême sud.

CONSÉQUENCES DES PHÉNOMÈNES D'ÉROSION A MADAGASCAR

Le voyageur qui suit certaines routes de crêtes ne peut manquer d'être frappé par leur extraordinaire sinuosité et par le danger où elles sont d'être coupées en de nombreux points par les lavaka qui s'en approchent souvent de très près. La route les contourne, s'en éloigne autant que possible, évite l'un par un crochet pour risquer de tomber dans un autre qu'elle rase de près. Quelque jour, elle est coupée. Les voitures passent à côté du gouffre tant que c'est possible, mais quelquefois, passant sur des arêtes qui s'ame-

Source : MNHN, Paris

nuisent de plus en plus, entre deux lavaka, le passage devient périlleux ou impossible. Il faut alors étudier un nouveau tracé et ce n'est pas facile en pays de montagne. La route de Morandava à Ambositra, dans sa montée sur la falaise du Bongolava, s'élevant à 150 mètres d'altitude à 1 200 mètres en quelques kilomètres, donne l'occasion de voir de près quelques passages dangereux au bord de ravins béants d'érosion récente. Plus encore peut-être, la piste de Nickelville, à l'Ouest du lac Alaotra, dans un paysage extraordinaire de lavaka grandioses. De même la route de crête de Beroroha à Sakaraka, etc...

L'effet inverse peut à l'occasion se manifester, c'est-à-dire qu'une route de vallée soit coupée par des torrents descendus des lavaka après des pluies violentes. Ce cas s'est produit pour la route d'Ambatondrazaka au Maningory par la rive orientale du lac Alaotra.

L'ensablement des rivières dans les régions du Sud Sud-Ouest est extraordinaire. Leurs lits de sable sont très larges, d'une largeur disproportionnée à leur importance ils se découvrent considérablement en saison sèche (le Mangoky à Beroroha); de minces lames d'eau réduites parfois à des filets ruissellent alors dans les rivières moins importantes (Sakény affluent de la Tsirihibina); ou même il n'y a plus de débit d'eau superficiel; les rivières disparaissent sous les sables et prennent alors l'aspect des oueds sahariens. Besairie a signalé[1] que l'écoulement pérenne de la rivière Fiherenana, en saison sèche, est en régression de trente kilomètres depuis vingt ans, ce qui a obligé à déplacer progressivement vers l'amont la prise d'eau du canal qui irrigue la plaine de Tuléar. Les ensablements entraînent aussi la divagation des lits de certaines rivières. Les transports solides par les fleuves causent le comblement des estuaires. L'exemple de la Betsiboka, le plus grand fleuve, je crois, de Madagascar, qui se jette dans la baie de Majunga, est remarquable. Même en saison sèche les eaux sont franchement rouges. Le pont de la route de Tananarive à Majunga franchit le fleuve au-dessus d'un lit pittoresque de rochers découpés en gorges où les eaux se divisent en rapides et en chutes. Les rives sont boisées et, à proximité des chutes, les arbres ont leur feuillage entièrement rougi par les nuages de gouttelettes qui s'échappent des eaux bouillonnantes. La Betsiboka a un débit solide d'argile latéritique considérable. Ces vases rouges se déposent dans l'estuaire qui se comble progressivement. La comparaison des levers hydrographiques de 1891 et de 1946, en vue de la construction du port de Majunga, a révélé un très important comblement et la disparition d'un chenal d'accès. Par le calcul du volume des dépôts depuis 1891, soit à partir des levers hydrographiques, soit par la mesure du débit solide des crues, Besairie a montré que l'érosion enlevait en moyenne chaque année dans les zones de micaschistes du bassin de la Betsiboka une épaisseur du sol d'environ un centimètre. Le survol de l'estuaire de la Betsiboka fait admirablement voir ces immenses barres de vase latéritique rouges qui colmatent l'estuaire. A l'embouchure du Fiherenana, le siltage élève le niveau des crues qui attaquent

1. H. Besairie. — Deux exemples d'érosion accélérée à Madagascar.

Source : MNHN, Paris

fortement la digue de Tuléar, tandis que la zone côtière, à l'abri des récifs, subit un envasement important[1].

A l'ensablement des rivières, au siltage des estuaires, il faut ajouter l'abaissement des nappes aquifères et l'accentuation du ruissellement par rapport à l'infiltration dans les régions ravinées par l'érosion, comme d'autres conséquences de l'érosion sur l'hydrographie. Ces dernières accélèrent localement l'assèchement du sol. L'importance du débit solide des rivières en période des pluies, mérite de retenir l'attention si des barrages doivent être établis au travers de ces rivières, dans le but d'alimenter soit des usines hydroélectriques, soit des réseaux de canaux d'irrigation.

En particulier, les projets d'aménagement en rizières des alluvions de la cuvette du lac Alaotra en retenant par des barrages les eaux qui s'y déversent, doivent tenir compte du danger de comblement des lacs de retenue, car les collines à l'Est, au Sud et au Sud-Ouest du lac sont considérablement « lavakées ».

La fixation des terres érodées dans ces secteurs devra être un complément obligatoire des projets d'aménagement des eaux du lac.

Madagascar se dépouille lentement de sa couverture de terre, tandis qu'apparaissent en surface les sols squelettiques et la roche. Sur les hauts plateaux une part des terres décapées est retenue aujourd'hui dans les dépressions du relief et dans les rizières terrassées des vallées. Un bel effort a été réalisé par les populations merina et betsileo pour adapter leur agriculture aux conditions faites par la nature. Il n'en demeure pas moins que de vastes régions se désertifient.

DES CAUSES DE LA GRAVITÉ DE L'ÉROSION A MADAGASCAR

L'intensité et l'étendue exceptionnelles des phénomènes d'érosion à Madagascar appellent une explication. Le climat est certainement favorable au développement de l'érosion. L'alternance de deux saisons très accusées, une saison très sèche de 5-6 mois, parfois plus, et une saison de pluies violentes, qui est une caractéristique des climats de l'Ouest et du Centre, fait succéder à une période où les terres sont desséchées, une période de fort ruissellement. La côte orientale est privilégiée avec sa pluviosité presque régulière toute l'année, aussi est-elle demeurée encore assez boisée et peu affectée actuellement par des formes d'érosion accélérée. L'extrême sud (Mahafaly et Androy), très peu arrosé par les pluies, est également peu sujet à l'érosion.

Ces conditions climatiques ne suffisent cependant pas, à elles seules, à expliquer la gravité de l'érosion dans la Grande Ile. Une grande partie de l'Afrique tropicale est soumise à un régime analogue, sans que les sols soient aussi gravement érodés. Par ailleurs, nous avons reconnu que même sur la côte Est, de graves ravinements pouvaient se produire, sur des sédiments à modelé mou : rappelons l'exemple des terrains sablo-argileux

1. H. Besairie. — Deux exemples d'érosion accélérée à Madagascar.

Source : MNHN, Paris

d'Ambila, à moins de 40 mètres d'altitude, au sud de Tamatave, sous un climat qui ne comporte pas un seul mois écologiquement sec et avec une pluviosité annuelle considérable de trois mètres d'eau environ.

La topographie n'est pas en cause. La nature des sols en revanche est un facteur important de l'érosion. Elle seule peut expliquer pourquoi, dans une région géographique déterminée, bien caractérisée au point de vue climat et physiographie, certains secteurs sont rigoureusement attaqués et d'autres moins, qui cependant sont voisins et apparemment semblables aux premiers. D'une façon générale les couches d'argile latéritique qui recouvrent les gneiss et micaschistes sont particulièrement épaisses à Madagascar. C'est une cicronstance favorable à toutes les formes d'érosion par ravinement et glissement. Dans la nature et la stratification de ces argiles latéritiques on trouverait probablement l'explication des processus et des vitesses de l'érosion. Cette étude est à faire.

Il restera encore à comprendre pourquoi ces couches épaisses de roches décomposées, qui sont en place depuis des temps certainement très anciens sont encore aujourd'hui l'objet d'une érosion active. Dans certaines régions même, le modelé de ces terrains est arrondi, et l'érosion qui mord à vif dans ces sols rouges est relativement récente. Dans d'autres, le relief est au contraire bouleversé, les croupes ont pris la forme d'arêtes, découpées latéralement en arêtes secondaires, elles-mêmes divisées en arêtes tertiaires, etc... Vu d'avion le paysage absolument chaotique et désertique ressemble à une mer démontée qui serait figée. Les ravins et lavaka actuellement actifs surcreusent encore ces formes déchiquetées mais anciennes. On a l'impression, dans ce dernier cas, d'une reprise de l'érosion accélérée. Des photographies aériennes, appartenant au Service géographique de l'Ile, prises dans le massif du Tsaratanana, le plus élevé de Madagascar, montrent admirablement ces pays au relief ravagé, mis à nu par l'érosion. Certaines parties du massif sont encore intégralement boisées; leur relief est encore très découpé en dépit de la présence de leur couverture forestière; mais sous la forêt il n'y a pas de lavaka, tandis que ceux-ci se distinguent par place lorsque le sol est nu. Il semble donc qu'il y ait eu une phase d'érosion très ancienne, à laquelle a succédé une période de stabilité qui correspond à l'établissement de la forêt, puis une nouvelle phase d'érosion coïncidant avec la destruction de cette forêt, phase qui continue de nos jours.

Dans les régions aux molles ondulations, actuellement affectées d'une érosion brutale, il apparait évident que cette érosion est récente et concomitante avec la dénudation du sol.

Nous sommes amenés à penser qu'il doit y avoir une relation de cause à effet entre la disparition de la couverture forestière et la reprise de l'érosion accélérée. Beaucoup de preuves et de présomptions donnent la certitude que Madagascar fut intégralement boisée à l'époque historique, les forêts et la flore étant par ailleurs différentes de l'Est à l'Ouest, et de l'Ouest au Sud. La disparition généralisée des forêts est l'œuvre de la colonisation de l'Ile par l'homme; le début remonte à quelques siècles seulement. La reprise de l'érosion est consécutive à cette dénudation de

Source : MNHN, Paris

terres qui étaient demeurées longtemps à l'abri des érosions accélérées sous leur manteau protecteur forestier. Les destructions des sols que nous observons aujourd'hui n'en sont que des manifestations retardées. Lorsque l'érosion accélérée se déclenche dans un secteur, elle y provoque des effets d'assèchement, par une perturbation dans l'hydrographie des eaux souterraines, qui modifiant la structure des terres affectées, les rend plus sensibles aux désagrégations érosives; de proche en proche, les entailles d'érosion en entraînent d'autres dans leur voisinage, et finalement tout le secteur est gangrené en profondeur, dans la masse même des terres meubles, jusqu'à ce que toutes les couches érodables soient entraînées et, sur les parties hautes du relief, jusqu'à ce que la roche affleure.

Sauf dans quelques régions privilégiées par le climat, ou par la nature du sol, Madagascar change donc de face actuellement; malheureusement les bonnes terres descendent à la mer. La désertification a tendance à s'étendre, en dépit d'un climat toujours favorable aux cultures tropicales.

DÉFENSE ANTIÉROSIVE

Quand un pays est arrivé à un état de dégradation physique aussi accentué et généralisé qu'à Madagascar, il semble difficile à l'homme d'enrayer le mal, surtout lorsque ce pays est pauvre et peu peuplé. Le mécanisme de l'érosion accélérée fonctionne sur des étendues considérables qui ont été déboisées il y a longtemps, et qui sont aujourd'hui implacablement nues. Que faire! La technique est théoriquement simple. Il faudrait reconstituer l'ancienne couverture forestiere et appliquer dans toutes les parties cultivées en permanence les classiques techniques antiérosives. Celles-ci sont d'ailleurs déjà appliquées dans l'Imerina et le Betsileo, par le système des rizières terrassées. Mais quand on parcourt Madagascar, on est effrayé par l'immensité des étendues nues et sujettes à l'érosion. Le mal est fait depuis longtemps. On évite quelquefois la propagation de la gangrène dans tout l'organisme en coupant le membre malade. Je crois qu'à Madagascar, il faut laisser provisoirement à leur triste sort les régions trop gravement atteintes et s'efforcer de protéger celles qui le sont moins et qui sont les plus utiles à l'homme. Qu'on le veuille ou non, faute de moyens, il est impossible de faire autrement. Le reboisement est techniquement possible même sur des sols nus d'argiles latéritiques des Hauts plateaux. A défaut de reboiser, il est encore efficace de renforcer la protection assurée par les herbes des prairies, en empêchant les feux de brousse de les brûler chaque année à la saison sèche. Les herbages non brûlés arrivent à constituer après quelques années un feutrage épais, une sorte de matelas de paille qui, appliqué sur le sol, ne peut que s'opposer à l'érosion. De plus certaines prairies non brûlées des hauts plateaux sont colonisées spontanément à la longue par des arbrisseaux et des arbustes qui consolident le sol. La défense préventive contre l'érosion peut être efficace dans les secteurs où il est possible de rassembler des moyens suffisants.

Source : MNHN, Paris

Enfin, pour le moins, il faudrait préserver des dangers de l'érosion les surfaces qui sont encore boisées, en conservant ces boisements, qu'il s'agisse de forêt primitive ou de brousses déjà dégradées par les tavy et les incendies. La défense des forêts à Madagascar, plus que dans d'autres pays, est liée étroitement à la conservation des sols. Une forêt atteinte par le déboisement, c'est son sol voué tôt ou tard à la destruction.

CUIRASSES ET CONCRÉTIONS FERRUGINEUSES A MADAGASCAR

Je n'ai pas observé à Madagascar ces cuirasses ferrugineuses bardant des étendues considérables de terrains désertiques, comme en Afrique continentale, notamment en Guinée Française et dans l'Oubangui-Chari. Le « boval » y est inconnu. Mais on peut trouver souvent des traces de telles cuirasses, sur de petites superficies et au moins des horizons superficiels du sol formés de concrétions pisolithiques non cimentées en blocs. Il est probable qu'il s'agit de vestiges, de témoins, de très anciennes cuirasses ferrugineuses désagrégées qui couvraient autrefois des étendues très importantes.

Les « tampoketsa » sont des formes du modelé dues à la présence en surface de concrétions et de cuirasses ferrugineuses. Ce sont des plateaux tabulaires élevés, mollement ondulés, profondément érodés sur leurs rebords, et se terminant donc par des escarpements abrupts. Ils sont absolument nus, c'est-à-dire couverts de maigres steppes herbeuses. Parfois très étendus, ils donnent alors absolument la vision du désert. Des troupeaux de bœufs cependant y trouvent une chiche pâture.

Ces tampoketsa existent sur les terrains cristallins des Hauts Plateaux. Leur relief plat étonne à Madagascar, par contraste avec le relief ordinairement accidenté et souvent haché. La route de Tananarive à Majunga, traverse au nord d'Ankazaobé un de ces tampoketsa désolés dont l'altitude varie de 1 500 à 1 600 mètres. La carte des sols de Besairie indique d'autres tampoketsa très étendus, au nord-ouest de la région du lac Alaotra. Le grand plateau désertique de l'Horombe, dans le Sud, est aussi un vaste tampoketsa qui atteint 1 180 mètres d'altitude au sud d'Ihosy. Sur ces tampoketsa on peut apercevoir, en tête de certains vallons, des fragments de cuirasse ferrugineuse typique, à forme alvéolaire ou pisolithique. Sur celui d'Ankazobé j'ai ainsi observé en un point une cuirasse de nature pisolithique qui avait 0,40 mètre de hauteur. En dessous on apercevait des argiles latéritiques non caverneuses, avec des taches rubéfiées, en voie de ferruginisation. Ailleurs, la surface du plateau était jonchée de blocs d'une cuirasse démantelée, ayant absolument la structure des cuirasses de l'Afrique occidentale. Ils sont creusés de cavités et de canaux anastomosés, aux parois recouvertes d'un enduit vernissé. Le même enduit concrétionné revêt la surface externe bosselée des blocs. La masse est constituée de concrétions ferrugineuses enrobant des grains de quartz.

Source : MNHN, Paris

Les deux types de roches ferrugineuses existent sur les tampoketsa, scoriacées et pisolithiques. La surface du sol est souvent jonchée de pisolithes libres. Je pense que c'est la présence de ces horizons concrétionnés, peu destructibles par l'érosion, qui a fixé jusqu'à nos jours le modelé des anciennes hautes pénéplaines de Madagascar. La présence des tampoketsa à haute altitude dans la région médiane des Hauts plateaux, avec des fragments tabulaires isolés sur les bords, et s'étendant sur une grande distance en latitude, allant environ du 15° au 24° (d'après la carte Besairie), semble indiquer qu'il s'agit de formations fossiles, autrefois considérablement étendues.

En dehors des tampoketsa typiques des hauts plateaux du Centre, on peut trouver des traces d'anciennes cuirasses ferrugineuses, dans toutes les régions de Madagascar et peut-être sur tous les types de terrains sédimentaires, même à basse altitude. J'ai vu une telle cuirasse, dans la région de Majunga, sur un bas plateau basaltique, à 130 mètres d'altitude, couvert par place, sur une belle terre rouge, d'une très belle forêt tropophile en cours de dégradation, et ailleurs sur des plats, là où probablement la cuirasse était très proche du sol, par une maigre prairie garnie d'un peuplement clair de palmiers (*Medemia nobilis*). L'érosion régressive attaque les bords du plateau, découvrant là la cuirasse qui se brise en blocs. Celle-ci, à l'endroit où j'ai pu la voir, était une dalle de grès grossier, ferrugineuse, à structure alvéolaire, enrobant des pisolithes.

De même, à l'Est de Morondava, la route de Malaimbandy, franchit un plateau de maigres steppes herbeuses, à 360 mètres d'altitude, qui est recouvert d'une dalle ferrugineuse cassée que j'ai pu voir à la tête d'un thalweg. C'est une cuirasse de 0,50 mètre de haut, à structure alvéolaire de grès grossiers ferruginisés. Sur le sol, les pisolithes de fer abondent.

J'ai trouvé des fragments de ces cuirasses dans tout le sud-ouest et même en plein sud; notamment dans l'Isalo, au col même des tapias, sur des grès très grossiers. Sur toutes les éminences du plateau on voit des champs de galets et des débris de grès ferruginisés qui sont les débris des anciennes cuirasses décomposées qui recouvraient des grès à galets. Dès que dans le paysage on aperçoit des formes tabulaires, se terminant en falaises, il y a beaucoup de probabilités pour que la surface des plateaux soit recouverte d'une dalle ferrugineuse. J'ai eu l'occasion de le constater plusieurs fois. Au sud de Sakaraha on peut observer souvent sur la cassure de ces falaises, la présence de dalles épaisses à structure granuleuse, non scoriacée, formées de grains grossiers de quartz cimentés par une pâte rouge ou blanche; elles sont friables et pénétrables aux racines et radicelles. Des cuirasses sur buttes sont visibles au sud de Betioky. Dans la région d'Ambovombé on observe souvent des carapaces calcaires, mais aussi des carapaces ferrugineuses, ou pisolithiques, ou alvéolaires (25° lat. S.). Sous la forêt à *Alluaudia* de la Mandrare, j'ai observé, en un point, le rebord cassé d'une dalle ferrugineuse de faible épaisseur (25° lat. S., 40 m alt.).

La présence de concrétions ferrugineuses, cimentées ou non, paraît donc généralisée à Madagascar, sur la plupart des formations géologiques.

Source : MNHN, Paris

Leur situation, presque toujours sur les parties les plus hautes du relief, à forme tabulaire, attaquées sur les bords par l'érosion, indique qu'il s'agit de formations pédologiques très anciennes, en cours de désagrégation. Nous n'avons pas eu l'occasion d'observer des horizons en voie de concrétionnement dans les sols actuels, soit dans les terrains sédimentaires de l'Ouest, soit sur les schistes cristallins de la dorsale Centrale de l'Ile.

Il semblerait donc qu'à Madagascar — dans la mesure où nos observations limitées nous permettent cette opinion — les conditions climatiques et hydrographiques favorables à la constitution des cuirasses ferrugineuses qui ont existé autrefois, ne sont plus celles des climats actuels.

DISPARITION ET INSTABILITÉ DES FORETS MALGACHES

Dans d'admirables ouvrages, Perrier de la Bâtrie (« La végétation malgache ») et H. Humbert (« La destruction d'une flore insulaire par le feu. Principaux aspects de la végétation à Madagascar ») ont fait connaître au Monde comment une des flores les plus riches de cette Terre était en voie de disparition.

Tous les biologistes, géographes, forestiers, qui ont étudié la vie et le visage de Madagascar ont exprimé les mêmes opinions sur la végétation malgache. Les faits sont incontestables; je les ai constatés à mon tour; j'en avais lu la relation chez tous les auteurs, avant de venir pour la première fois dans la Grande Ile; je connaissais leurs avertissements anxieux, leurs cris d'alarme, devant la destruction de toute la végétation primitive d'un petit continent et ses conséquences mais, bien qu'ainsi averti par des lectures, j'ai eu la révélation d'un état de gravité que seule la vision personnelle directe peut donner. Après 25 ans de nombreux voyages en Afrique occidentale et équatoriale, où j'ai toujours cherché à observer et à prévoir l'évolution de la végétation forestière suivant les milieux et les agents de destruction, j'ai acquis des idées et des opinions sur le sens, les processus et les conditions de cette évolution. A la lecture des naturalistes malgaches il me semblait que si le sens général de l'évolution de la végétation était le même qu'en Afrique continentale : la régression vers la désertification, processus et conditions, étaient cependant différents. Des questions me venaient à l'esprit auxquelles je ne trouvais pas de réponses toujours satisfaisantes. Comment et pourquoi la forêt malgache disparaissait-elle, sous les coups des agents destructeurs, avec une telle rapidité et, semblait-il, irréversiblement! Et enfin, car le forestier ne peut pas se contenter de constater le mal; quelles mesures particulières sont possibles et efficaces pour combattre et arrêter la déforestation?

Un voyage rapide dans un pays aussi varié et aussi grand que Madagascar ne devait pas me permettre de répondre d'une façon toujours nette et définitive à toutes ces questions, en dépit de la possibilité que j'ai acquise par mes voyages dans d'autres territoires tropicaux, de raisonner par analogie. Pour tenter de suivre l'évolution d'une végétation il faut la connaître le mieux possible; savoir distinguer les formes primaires des

Source : MNHN, Paris

formes secondaires (substituées), d'après leur flore; séparer les diverses formations primaires d'après leurs espèces caractéristiques, c'est-à-dire connaître la sociologie de ces formations; connaître non seulement la composition de la futaie mais aussi celle de la régénération naturelle dans les sous-bois; connaître les espèces douées d'un grand pouvoir d'expansion, celles qui au contraire ne se multiplient que sporadiquement; être capable éventuellement de reconnaître diverses formes d'adaptation d'une même espèce à des milieux différents, etc... Il faut bien dire qu'une connaissance scientifique aussi approfondie des forêts malgaches n'est pas encore possible en dépit des travaux considérables qui ont déjà été effectués, surtout par Perrier de la Bâthie, Humbert, et de nombreux botanistes. Même en ce qui concerne la seule systématique botanique qui fait l'objet de l'ouvrage fondamental entrepris par une équipe de botanistes sous la direction de Humbert, « Flore de Madagascar », il n'y a encore à ce jour que les études de 12 familles comptant des arbres et des arbustes qui soient publiées[1], sur les 218 familles de la flore. Quant à l'étude chronologique et sociologique des espèces et des formations, elle est encore moins avancée. Que de fois suis-je resté impuissant dans mon ignorance, et fâché, devant une formation forestière parfaitement caractérisée, parce qu'il m'était impossible d'en connaître les constituants même les plus typiques et les plus fréquents. Les forestiers de Madagascar sont aujourd'hui encore dans l'impossibilité de « découvrir » leurs forêts — scientifiquement s'entend — puisque personne, ni aucun livre, ne peut leur enseigner complètement la flore de ces forêts.

Ayant ainsi défini le champ possible de mes investigations et en ayant déploré l'étroitesse, je puis maintenant me permettre d'exposer des idées sur l'évolution de la végétation forestière malgache, prélude nécessaire à une politique forestière de Magadascar.

La Grande Ile fut autrefois, avant les invasions contemporaines de l'homme, intégralement boisée. J'insiste sur « intégralement ». Les naturalistes n'en disconviennent pas, ou peu, mais je sais ce que cette affirmation peut encore avoir de paradoxal pour ceux qui, n'ayant pas les habitudes d'imagination et de raisonnement des géologues, ne conçoivent pas bien la puissance du temps, et qui observant, à leur échelle de durée, la lenteur des changements qui se produisent sur la face de la Terre, dans son état physique et celui de sa végétation, ne comprennent pas que les mêmes causes de ces transformations minimes actuelles puissent avec le temps aboutir à des bouleversements du relief, de l'hydrographie et des flores. A Madagascar, on observe donc des régions considérablement étendues qui sont nues, ou plutôt couvertes de ces tristes steppes herbeuses que l'on appelle communément la « prairie » à « bozaka », régions au sol érodé ou stérile, pratiquement désertiques sauf les vallées, régions sans bois, souvent sans arbres. Alors quand un naturaliste vient affirmer que ces territoires désolés furent autrefois boisés, intégralement boisés, l'esprit peut se rebeller. Comment serait-ce possible? Le sol est stérile, inculte! Comment

1. En 1971, 146 familles sont publiées.

Source : MNHN, Paris

les forêts auraient-elles été détruites sur d'aussi vastes superficies, vides d'habitants ou presque, sans laisser de témoins? Cependant c'est le naturaliste qui a raison. Et même à Madagascar il n'est pas nécessaire d'évoquer le passé de temps géologiques pour expliquer la dénudation, quelques siècles, et quelques générations d'hommes auront sulli. Cette rapidité et cette efficience de destruction demandent des explications, car elle est tout de même assez exceptionnelle.

Résumons d'abord les arguments, les présomptions et les preuves qui permettent de penser que Madagascar fut autrefois entièrement boisée. D'abord la régression de la végétation forestière se poursuit sous nos yeux, partout dans l'Ile. Il n'est pas nécessaire de déployer une grande force d'imagination pour considérer que les causes qui provoquent aujourd'hui ce recul, c'est-à-dire les feux et les défrichements, ayant existé depuis que l'homme s'est installé dans l'Ile, les mêmes effets se produisent depuis le même temps et qu'ils ont pu détruire des massifs forestiers entiers.

Puis, le vide actuel des paysages n'est souvent qu'une apparence, car il arrive que l'on retrouve des vestiges des forêts d'autrefois, isolés dans quelque chaîne de montagne ou quelque vallée. Ces îlots forestiers constitués par une même flore très riche en espèces, incontestablement primitive, se rejoignaient autrefois; cela ne peut pas se concevoir autrement. Enfin il y a des présomptions d'ordre écologique : le milieu permet l'existence de forêts; d'autres aussi que nous avons dégagées de notre étude des phénomènes d'érosion, d'autres pédologiques, d'autres faunistiques, d'autres historiques, d'autres fondées sur la flore pauvre et souvent étrangere à Madagascar des « prairies » et « savanes », alors que la flore forestière est très riche et pour une grande proportion endémique. Tous ces arguments, ces preuves, s'appuient mutuellement; il n'y a pas de discordance. Nous pouvons dire avec certitude que l'Ile fut autrefois intégralement boisée.

Mais comment et pourquoi la couverture forestière a-t-elle disparu en quelques siècles seulement sur de vastes territoires? Le processus de disparition ne fut pas partout le même. C'est sur les hauts plateaux, à plus de 1 000 mètres d'altitude, que la destruction des forêts a été la plus rapide et presque absolue. Dans l'Imérina, les « forêts » n'existent plus dans un rayon de 50 kilomètres autour de Tananarive. Les plus rapprochées sont à 50 kilomètres au sud de la capitale. La petite réserve forestière de Manjakatompo, de quelques centaines d'hectares, dans le massif volcaniqu ede l'Ankaratra; petite forêt de montagne à hazondrano (*Ilex milis*), à plus de 1 800 mètres d'altitude, conservée presque miraculeusement parce qu'elle était la propriété personnelle de la reine, est aujourd'hui protégée par le Service forestier qui l'a agrandie de 300 hectares environ de beaux reboisements en pins et cyprès, et y a établi avec bonheur une station piscicole pour l'élevage de la truite. A 70 kilomètres au Nord-est nous trouvons à peu de distance de la route de Majunga, la forêt d'Ambohitantely sur les escarpements du tampoketsa d'Ankazobé. Il subsiste un massif assez important, en voie de destruction; il est environné d'une multitude de petits bois satellites, dont quelques-uns se voient

Source : MNHN, Paris

Pl. 3. — De gauche à droite : Plateau lavaké du Tampokelsy (N.W. de Tananarive). Route de Tananarive-Majunga, sinueuse entre les lavaka. Dans le fond la vallée de la Betsiboka (Photo S.G.A.). — La forêt relicle d'Ambohitantely (environ d'Ankazobe) sur le rebord du plateau du Tampoketsa. Les indentations de la lisiere sont dues au grignolage répété des feux de la steppe herbeuse (Photo S.G.A.).

Source : MNHN, Paris

depuis la route de Majunga. L'altitude de cette forêt de montagne à feuilles persistantes est de 1500-1600 mètres. A l'Ouest, à 50 kilomètres, peu au-delà d'Arivonimamo, on découvre des peuplements purs, clairs, d'un arbuste remarquable, le tapia (*Uapaca clusiacea*), vers 1300-1400 mètres d'altitude. A l'Est enfin, à 50 kilomètres, se trouve la lisière de la véritable forêt de l'Est, la forêt de la Mandraka, vers 1300 mètres d'altitude, que traverse la route allant à Tamatave.

La visite de la forêt d'Ambohitantely est particulièrement intéressante. Elle est la preuve que la forêt pouvait exister sur les tampoketsa, bien qu'en réalité aujourd'hui, si elle s'élève jusqu'à 1600 mètres d'altitude, à l'altitude maximum du plateau, elle ne persiste que sur les accotements et ne s'étale plus sur les plats. Elle a été chassée rapidement du plateau proprement dit, où le sol sur carapace ferrugineuse était très superficiel, et où elle ne revêtait probablement que la forme d'un bois fourré (formation arbustive dense et fermée). Les multiples îlots boisés qui persistent aujourd'hui encore dans des creux du modelé, étaient évidemment reliés autrefois par la forêt qui recouvrait l'ensemble. Selon la profondeur du sol, c'est-à-dire, en fait, suivant la topographie, cette forêt était constituée de grands arbres, ou de petits arbres, ou seulement d'arbustes, mais il y avait continuité entre tous ces aspects. La forêt d'Ambohitantely est en voie de destruction; on peut observer avec évidence comment elle disparaît. Les lisières, de loin, apparaissent marquées d'une frange grisâtre blanchâtre. Cette coloration qui contraste avec l'intérieur vert du massif est due aux squelettes blancs des arbres et des arbustes qui sont morts sur pied. Les feux de savane de la saison sèche mordent en effet ces lisières et les font lentement reculer. En les longeant on aperçoit des mélanges confus de fougères, de buissons reverdissants, de plantes herbacées, et de fûts blancs d'arbres demi-calcinés. C'est le reste du feu et la dernière convulsion de la forêt expirante. D'autres bandes gris vert uni entourent la forêt, plus ou moins larges et régulières, ce sont des champs de fougères, aux limites extérieures parfois indécises, fondues insensiblement dans la prairie de bozaka. Ces fougères ont poussé sur des parcelles humifères de forêt très anciennement incendiées, végétation funéraire vivant sur un cimetière d'arbres. Les plus petits boqueteaux isolés dans les creux sont entourés de ces ceintures grises et de ces liserés de fougeraies; c'est le signe fatal de leur mort prochaine. Quelques-uns ont des lisières hautes, faites des troncs des arbres, morts ou encore vivants, qui se pressent en colonnades sans protection arbustive; instables barrières forestières, hautes, mais combien vulnérables.

En survolant la bande forestière alignée sud-nord qui marque la deuxième falaise orientale, entre Tananarive et le lac Alaotra, on aperçoit partout des lisières mortes gris blanc des forêts, les champs de fougères, et parfois aussi de grandes taches grises qui sont des champs de bruyères mortes, après passage d'un incendie. La destruction par recul des lisières brûlées est un phénomène général des forêts de montagnes.

La forêt d'Ambohitantely, vue d'avion, révèle un autre drame qui fut celui de toutes les forêts qui couvraient primitivement le tampoketsa

Source : MNHN, Paris

d'Ankazorobé. Elle est attaquée non seulement sur sa périphérie, mais elle est parfois incendiée à l'intérieur sur des parcelles de plusieurs hectares. On aperçoit très bien les parcelles qui furent incendiées. Elles ont une couleur grise due aux squelettes des troncs des arbres de la futaie qui sont presque tous morts sur pied. A leur pied une brousse arbustive de recru est verdoyante. La forêt n'est donc pas là encore complètement détruite. Un futur incendie y suffira sans doute. Cependant cette forêt n'est pas « tavée », elle n'est pas défrichée par les indigènes pour l'installation de cultures. Les incendies sont vraisemblablement communiqués par les feux de prairies qui franchissant les lisières peuvent par vent violent pénétrer au cœur de la forêt.

Toutes ces forêts de montagnes, surtout celles qui sont établies sur des sols superficiels, sont, ou plutôt étaient — car il n'y a en plus que des vestiges —, une proie facile pour les incendies. Sur ces Hauts plateaux, la saison sèche dure 5 et parfois 6 mois, les vents sont souvent violents; ce sont des conditions très favorables pour la propagation des incendies dans des forêts qui alors souffrent de la sécheresse. Autrefois, l'homme n'eut aucune peine à les détruire. Ce sont des formations à sous-bois dense, peu pénétrables. L'homme a été amené à les faire disparaître pour circuler d'abord, puis ensuite pour créer des pâturages. Les bœufs aujourd'hui encore y pâturent, mais les pasteurs préfèrent l'herbe. Ce sont ces derniers qui, vraisemblablement, furent les agents les plus actifs de leur disparition.

Les peuplements clairs de tapia (*Uapaca clusiacea*) sont des vestiges d'autres anciennes forêts de montagne qui, sur les pentes supérieures occidentales des Hauts plateaux, marquaient la transition entre les forêts de montagne proprement dites des hautes terres centrales et les forêts tropophiles de l'Ouest. Ils paraissent répartis dans une bande nord sud allant de la latitude de Tananarive (Arivonimamo Est) à l'Isalo, à des altitudes comprises entre 1000 et 1600 mètres. Ils ressemblent curieusement aux peuplements d'autres espèces d'Uapaca, des climats type soudano-guinéens de l'Afrique continentale, notamment aux peuplements d'*Uapaca Somon* de l'Afrique occidentale. Souvent ils ont l'aspect de vergers, de petits arbres à cimes en boule espacés dans la prairie; parfois le peuplement est assez compact, mais constitué du seul tapia. Les feux d'herbes parcourent chaque année ces boisements très clairs. Il arrive aussi de rencontrer sur des parcelles moins exposées aux feux d'autres espèces d'arbustes et d'arbrisseaux en mélange avec les tapia. Enfin il existe encore dans la région d'Ambositra des forêts primitives à tapia. J'en ai traversé une qui couvre plusieurs collines d'un manteau sans déchirure, près du village d'Ambohimahazo, vers 1450 à 1550 mètres d'altitude. Le peuplement est dense, fermé. Le tapia est mélangé à plusieurs autres espèces d'arbres et d'arbustes; les arbrisseaux, sous-arbrisseaux et plantes herbacées abondent dans les sous-bois. Incontestablement ces boisements, apparemment indemnes des feux, sont primitifs. Ce sont des formations forestières très vulnérables au feu, d'autant plus que l'aridité de la saison sèche est assez sévère sur ces pentes occidentales de la région centrale; mais le

Source : MNHN, Paris

tapia, exceptionnellement parmi les arbres de ces forêts, résiste aux feux. C'est pourquoi il s'est maintenu sur place, tandis que, le plus souvent, ses compagnons disparaissaient. Beaucoup de boisements de tapia semblent aujourd'hui dépérissants. Il est vraisemblable que tous sont condamnés à disparaître dans des temps plus ou moins longs.

Même les chaînes de montagnes les plus élevées, les plus découpées en arêtes rocheuses, qui aujourd'hui sont exclusivement pelées, à l'exception de quelques lignes d'arbustes suivant les ravins, furent intégralement boisées, non pas de hautes futaies certes, mais d'un manteau continu d'arbustes et d'arbrisseaux éricoïdes. Les photographies aériennes prises dans le massif du Tsaratanana, le plus élevé de Madagascar, qui m'ont été communiquées par le Service géographique de l'Ile, le prouvent admirablement. Certaines chaînes dentelées apparaissent noirâtres et sont boisées, d'autres voisines sont blanches et absolument nues; les boisements ne subsistent plus que par taches *toujours sur les crêtes*, c'est-à-dire dans les stations les plus arides les moins propres à porter une végétation forestière. Nul tavy n'est à incriminer; le feu seul est responsable de la destruction de ces broussailles montagneuses. Il a été mis au pied des montagnes par l'homme, par des pasteurs probablement, et s'est propagé facilement vers les sommets, poussé par les courants ascendants. C'est pourquoi la base des montagnes est dénudée, tandis que certaines crêtes, peu accessibles à l'homme, épargnées jusqu'ici par les feux, portent encore leur revêtement boisé.

La forêt de l'Est évolue suivant d'autres processus. Le climat est favorable à la végétation forestière, puisqu'il ne comporte pas un seul mois vraiment sec et que la pluviosité est très forte. Elle occupe encore de grandes superficies depuis Vohémar au nord, jusqu'à Ft Dauphin dans l'extrême Sud.

En réalité, cette longue bande forestière orientale est aujourd'hui très morcelée par les défrichements. Les régions basses, depuis le littoral, sont à peu près complètement déboisées. Néanmoins il subsiste dans la montagne des massifs très importants, qui pourraient donner à penser à certains qu'il n'y a aucun danger vrai de déboisement dans l'Est, puis même qu'il y a trop de forêt et qu'une proportion de celle-ci pourrait être défrichée sans dommage.

C'est un fait étonnant que de constater la fragilité, l'instabilité des forêts de l'Est, en dépit d'un climat apparemment propice. Ces forêts sont « tavées » par les populations locales, c'est-à-dire défrichées en vue des cultures itinérantes sur brûlis. Aujourd'hui les tavy sont interdits, et ne se pratiquent plus là où le Service forestier est en mesure de faire respecter les réglementations. Mais durant des siècles ces forêts furent tavées, et ceci explique les vides et le morcellement d'une région qui fut entièrement forestière. Une parcelle tavée, lorsqu'elle est laissée en jachère par l'agriculteur, se recouvre d'une brousse secondaire qu'à Madagascar on désigne par « savoka ». Suivant la nature du sol, et son état d'épuisement, il y a différents types de savoka qui sont en réalité différents états de l'évolution régressive de la forêt. La savoka la plus élevée sur l'échelle écologique est

Source : MNHN, Paris

constituée, comme toutes les brousses secondaires africaines, par un mélange d'espèces arbustives et arborescentes. Ce type de savoka s'il n'est plus défriché peut sans doute à la longue se transformer en reformant une formation analogue à la formation primitive. D'autres savokas sont des peuplements purs : à dingadinga (*Psiadia allissima*), formations homogènes vert clair d'un arbuste de 2-4 mètres de haut; à harongana (*Harungana madagascariensis*) arbuste panafricain un peu roussâtre souvent en mélange avec un autre arbuste panafricain (*Trema guineensis*) et d'autres espèces; à ravenala (*Ravenala madagascariensis*), le remarquable arbre du voyageur qui vit disséminé dans la forêt mais qui, à basse altitude, jusqu'à 400 mètres environ, constitue des formations parfois pures, couvrant des collines entières et rappelant de loin l'aspect de plantations de bananiers; à bambou (*Nastus capitatus*), ces gracieux bambous sarmenteux, aux tiges recourbées à l'extrémité, sont parfois mélangés à la ravenale; à longoza (*Aframomum angustifolium*), grandes plantes herbacées aux tiges feuillées jaillissant comme des palmes; à *lantana*, plante sarmenteuse introduite à Madagascar qui prolifère aujourd'hui sur les terrains dégradés à basse altitude; puis enfin les savokas à fougères (*Pteridium aquilinum*), à bruyères (*Philippia*), puis, à haute altitude, à *Helichrysum*. Tous ces types de savoka, et d'autres encore, existent dans la forêt de l'Est, purs ou en mélange. Les uns sont les derniers termes de séries régressives; ils sont établis sur des sols tavés plusieurs fois et épuisés. La reconstitution spontanée de la forêt initiale n'est plus possible à partir de ces stades, d'autant moins que ces savoka peuvent être incendiés. La forêt de la côte Est ne brûle pas, mais dans des savoka qui la remplacent sur des sols dégradés, le feu allumé par l'homme peut se propager. Les savoka incendiés sont remplacés par des fougeraies ou des landes à bruyères qui sont à leur tour facilement brûlées; le terme final est la steppe herbeuse : la « prairie à bozaka ». Toutes les phases de la dégradation de la végétation sont visibles dans la forêt orientale. Ce qui est très grave c'est que sur certains sols particulièrement pauvres, un seul défrichement suivi de culture peut amener le remplacement immédiat de la forêt par la fougeraie ou la prairie à bozaka, sans passer par des stades intermédiaires. La forêt d'autres régions, m'a-t-on affirmé, est plus stable, et, pourvu que les jachères entre deux défrichements successifs soient d'assez longue durée, on pourrait cultiver très longtemps le sol sans risque de dégradation définitive.

Les forêts côtières de l'Est, établies sur des sables, diffèrent de la forêt de l'Est proprement dite. En dépit du climat très pluvieux, elles sont susceptibles d'être incendiées. Je n'ai pas eu l'occasion de faire des observations personnelles à ce sujet, mais le souvenir est demeuré vivace d'un incendie ayant ravagé la forêt côtière du Sud-Est sur de grandes distances, lors d'une révolte en 1904. Elle contenait un arbre au bois de fer imputrescible (handranendra, *Humbertia madagascariensis*), abondant surtout à une cinquantaine de kilomètres au nord de Fort Dauphin. Les arbres morts de cette espèce sont encore debout aujourd'hui! Il est possible dans ce cas particulier, que le feu ait été mis dans des sous-bois préala-

Source : MNHN, Paris

blement coupés et desséchés. Des foyers ainsi créés peuvent propager le feu directement dans la forêt établie sur sols secs durant une période relativement sèche, et par grand vent.

J'ai noté dans la forêt côtière sur cordon littoral, au sud de Tamatave, d'aspect xéromorphique en dépit d'une pluviosité considérable, le long du chemin de fer, des traces d'incendie allumés par les cendres incandescentes des locomotives.

Contrairement aux forêts de l'Est qui sont à feuilles persistantes, les forêts de l'Ouest et du Sud-Ouest sont à feuillage caduc durant la saison sèche, laquelle dure cinq ou six mois. La flore de l'Ouest est complètement différente de celle de l'Est; ce sont deux provinces botaniques distinctes. Le comportement des forêts de l'Ouest après les tavy est également particulier. Ces forêts se présentent aujourd'hui en massifs isolés, aux lisières précises, dans un pays couvert d'une savane le plus souvent nue, parfois aussi prenant l'aspect d'une savane boisée type de l'Afrique continentale, parfois encore dominée par de beaux peuplements de palmiers (surtout *Medemia nobilis*). Ces bois et forêts sont des restes, parfois très beaux, de la forêt ancienne qui recouvrait continûment tous les terrains sédimentaires de l'Ouest, quelle que soit leur nature; la formation étant cependant différente suivant qu'il s'agit de terrains arénacés, ou latéritiques, ou alluvionnaires, ou calcaires, etc...

La forêt de l'Ouest se reconstitue très difficilement, ou non, après un tavy. Les types de savoka de l'Est n'existent pas ici. La forêt défrichée, incinérée et cultivée, est remplacée directement, et définitivement en général, par la savane. J'ai pu voir, dans la région de Morondava, et surtout plus au sud dans la région de Bétioky, des parties de forêt tavées depuis quelques années; le recru ligneux était très maigre et ne recouvrait pas le sol; la reformation spontanée me paraissait très douteuse.

Ces forêts occidentales peuvent-elles être incendiées, et ainsi détruites directement sans être préalablement tavées? J'ai observé souvent les lisières des forêts que j'ai traversées; je n'ai pas remarqué ces signes évidents de régression par le feu de prairie que j'avais constatés sur les Hauts plateaux. Dans la région de Tuléar, le contrôleur forestier qui observe le pays depuis longtemps m'a également affirmé que les lisières ne changeaient pas, bien que la prairie brûlât chaque année. Le feu s'arrête devant les lisières, car l'aliment fourni au feu de brousse par les maigres steppes herbeuses n'est pas suffisant pour constituer un foyer d'incendie capable de mettre le feu à la lisière forestière. Comment donc ont disparu les forêts qui cependant ne furent pas toutes tavées? Il est d'abord probable que certaines forêts ont pu être incendiées directement par des feux de savane, là où les herbages étaient plus denses, puis, par des temps très secs de vents violents, au cours des saisons particulièrement sèches. Tous les forestiers malgaches peuvent citer des exemples de forêts incendiées.

L'exemple de la forêt de Behimane, de 750 hectares, qui fut détruite par le feu en 15 jours, en 1945, dans le district d'Ankazoabo (Nord-Est de Tuléar), donne une clé du problème. Le feu fut mis par la population

Source : MNHN, Paris

des villages environnants, allumé à la torche simultanément en différents points, dans des abatis pratiqués à l'avance dans la broussaille des sous-bois. Dans ces conditions, le feu put se communiquer à la forêt et se propager ensuite librement au gré du vent. Les forêts de l'Ouest comprennent de nombreuses burséracées arborescentes, des *Commiphora* (Daro et Arofa) qui brûlent comme des torches. Le motif de l'incendie, tel qu'il fut invoqué devant les tribunaux, était le désir d'agrandir les pâturages. Ce fut vraisemblablement la raison majeure qui détermina les populations sakalaves de l'Ouest à détruire les forêts par le feu : la création d'herbages. Et cependant aujourd'hui sur des étendues considérables, on ne voit plus que des herbages, des savanes infinies! Les forêts sont réduites à de petites surfaces. Les habitants, si ce n'était la fragile barrière des réglementations forestières, détruiraient encore ces dernières forêts, pour donner de nouveaux pâturages à leurs bœufs. C'est la preuve évidente que les sols des savanes se dégradent, puisque celles qui existent ne sont plus suffisantes, en dépit de leur étendue immense, pour assurer la nourriture des troupeaux; or, elles furent ouvertes autrefois par le feu, déjà pour nourrir les troupeaux.

Les étranges bois fourrés à Didiéracées et à Euphorbes arborescentes de l'extrême sud de Madagascar, qui couvrent les régions côtières depuis Tuléar jusqu'à l'Ouest de Fort Dauphin, sont eux aussi en régression, suivant des stades qui sont encore mal étudiés. On sait que cette forêt basse est le domaine d'élection d'espèces arborescentes et arbustives aux formes extraordinaires; arbres pieuvres, aphylles ou presque, épineux, dont les branches tentaculaires se tordent vers le ciel (*Alluaudia* et *Didierea*) formant parfois des bois apocalyptiques, Euphorbes arbres constituant aussi souvent des peuplements, arbres en bouteilles (Légumineuses, Burséracées), arbres en fuseau, *Pachypodium* ventrus et dépouillés, *Kalanchoe* aux feuilles charnues et aux magnifiques inflorescences, Légumineuses à phyllodes extraordinaires (*Phylloxylon*), etc... La prairie ou la savane typique de Madagascar n'existe plus ici. Il n'y a donc plus de feux de brousse de saison sèche. Le climat est peu propice aux herbages, la pluviosité étant très faible. Cependant, au moins sur la côte, une forte humidité permanente, jointe à des températures modérées durant une partie de l'année, réduisent beaucoup le déficit de saturation. Ces conditions très particulières, auxquelles il faudrait peut-être ajouter une belle luminosité, créent le milieu favorable à ces formes morphologiques et biologiques extraordinaires du bois fourré à Didiéraracées. Ce bois fourré constitué pour beaucoup de plantes aphylles ou microphylles, ou charnues, souvent lactescentes, d'une part n'est pas ou est peu attaqué par les feux de prairies, et d'autre part ne semble guère combustible. Je n'ai pas constaté de traces d'incendie de forêt. Cependant le chef du district de Beloha m'a dit que le bois fourré fut dévasté par un incendie, il y a longtemps, entre Beloha et le Cap Sainte-Marie, et qu'aujourd'hui encore sur les emplacements brûlés on voit des prairies piquetées des fûts d'arbres morts au bois dur et imputrescible.

Source : MNHN, Paris

Si ordinairement le fourré n'est pas sujet à l'incendie, il est en revanche amplement défriché. Venant du nord, il apparaît, intact, à quelques kilomètres au sud d'Antanimora; mais bien avant Ambovombé il disparaît laissant place à des steppes arbustifs ou herbeux d'origine évidemment secondaires. Depuis longtemps les Antandroy tavent ces fourrés. D'une façon générale le plateau Antandroy est largement déboisé autour d'Ambovombé. Des sous-arbrisseaux recouvrent le sol, formant un pseudo-steppe gris vert. Quelques arbres, des tamariniers au port fortement déjeté par les violents vents de mer, subsistent de l'ancienne forêt. Actuellement on y voit peu de cultures; la zone habitée et cultivée aujourd'hui est plus proche de la mer. De même entre Tsihombé et le Faux Cap, je n'ai pas vu de formation incontestablement primaire, mais des brousses arbustives secondaires, où abondent les espèces qui s'installent après les cultures; je n'ai pas observé notamment un seul fantsilotsy (*Alluaudia procera*), espèce la plus caractéristique du bois fourré primitif. Entre Faux Cap et le Cap Sainte-Marie la piste traverse une zone peuplée, où pâturent de nombreux troupeaux. La végétation est exclusivement secondaire, sauf aux abords immédiats du littoral, occupés par des fourrés à Euphorbes. L'évolution régressive de cette végétation forestière après les défrichements est peu connue; il en est de même des possibilités et de la vitesse de reconstitution spontanée du bois fourré originel.

Arrivé au terme de cette étude rapide du comportement de la végétation forestière malgache devant les feux et les défrichements, je dois conclure que toutes les formes de la forêt malgache sont très vulnérables aux incendies, et qu'elles se reconstituent généralement difficilement après les tavy, c'est-à-dire qu'elles sont particulièrement instables. C'est parce qu'elles sont instables que la Grande Ile est dans son état actuel de dénudation grave, bien que la présence de l'homme n'y soit pas très ancienne; on n'a pas trouvé trace jusqu'à présent d'homme préhistorique à Madagascar. Cette instabilité se constate aussi par le manque de puissance de reconstitution, la lenteur de la croissance de la plupart des espèces, l'absence d'espèces à grand pouvoir colonisateur, tous faits qui biologiquement rendent les forêts malgaches très différentes des forêts du continent africain. Quelles peuvent être les causes de ce manque de vitalité?

Quant aux possibilités d'expansion de la flore forestière malgache, Humbert a déjà signalé une cause de sédentarisme. D'après lui la plupart des essences arborescentes autochtones ont des graines dépourvues d'appareil de dissémination à distance. C'est une distinction importante avec les forêts africaines continentales où un très grand nombre d'espèces ont des fruits ou des graines ailées, des graines à aigrettes, etc... Il est étonnant de constater aussi que beaucoup d'espèces des savokas de l'Est sont panafricaines, *Harungana madagascariensis*, *Trema guineensis*, *Albizzia gummifera*.

Il y a quelques exceptions, dans l'Ouest exclusivement, car ni dans l'Est, ni dans les Hauts plateaux, la forêt ne reconquiert un sol perdu,

Source : MNHN, Paris

Pl. 4. — En haut : Le « bad land » du Haut Sambirano (Photo S.G.A.). — En bas : Montagnes du haut Sambirano. Le massif au premier plan est entièrement reforesté, à l'exception des crêtes. Le massif au second plan est complètement boisé sur les crêtes, et totalement dénudé à la base (Photo S.G.A.).

Source : MNHN, Paris

du moins avec une rapidité comparable à celle avec laquelle la forêt peut s'étendre en Afrique, au delà de ses lisières, dans une savane qui n'est plus parcourue par les feux. J'ai constaté sur les Hauts plateaux la colonisation par des arbrisseaux, bruyères, *Helichrysum*, dingadinga, qui peuvent être considérés comme un premier stade de colonisation progressive quand les feux ne passaient plus dans la prairie, mais cette reprise de la végétation ligneuse paraissait timide; si elle présageait le retour de la forêt, il semblait que celui-ci fût pour un très lointain avenir. Dans l'Ouest, en revanche, il y a des signes nets d'une défense de quelques éléments de la végétation forestière contre la savane. Certaines espèces de la forêt dense autochtone sont susceptibles de s'adapter à la vie en savane brûlée périodiquement. Elles sont peu nombreuses : des *Stereospermum*, un *Terminaliopsis* (tali), *Acridocarpus excelsus* (hafotramena), *Dicoma tomentosa* (natalazo, peha), *Gymnosporia linearis* (tsingilofilo), et d'autres qui sont d'origine étrangère : la plus commune, le *sakoa* (*Poupartia caffra*), *Woodfordia fruticosa* (piso piso), *Ziziphus mauritiana*, *Flacourtia Ramontchii* (lamoty). Toutes ces espèces ensemble ne constituent pas une flore, elles sont trop peu nombreuses, mais dans certaines savanes de l'Ouest, elles sont assez abondamment représentées pour donner à celles-ci l'aspect de savanes boisées du continent africain. Rappelons, pour bien marquer la différence, que ces dernières comptent pour la seule Afrique occidentale une flore de plus de 400 espèces d'arbres et d'arbustes.

Dans l'Ouest de Madagascar la reconstitution forestière spontanée, même à l'abri des feux, paraît exceptionnelle. Localement on signale des cas. J'ai eu l'occasion de constater celui de la forêt réservée de Marohogo près de Majunga. Il existe encore dans la réserve un massif intact de forêt sèche, constituée d'une futaie basse d'arbres médiocres avec sous-bois dense, installée sur un sol noir argileux lourd, se crevassant en saison sèche, et contenant des concrétions calcaires. Les espèces abondantes sont le namolona (*Foetidia retusa*), le landrianakanga (*Albizzia boinensis*), le mangahara (*Stereospermum euphorioides*), le manary (*Dalbergia Greveana*). Parmi elles le namolona colonise en abondance les savanes voisines qui ont, grâce à lui, tendance à se refermer.

Sur le plateau sédimentaire littoral dénudé, d'Ambila à Brickaville, sur la côte Est, une Anacardiacée endémique dans la région orientale, est également envahissante, le hasy (*Faguetia falcata*). D'autres exemples seraient sans doute à citer, mais ils ne constituent que des exceptions à cette observation d'ordre général que peu d'espèces de la flore autochtone ont un tempérament expansif.

Faut-il imputer la faiblesse générale de vitalité des flores forestières malgaches au climat? Comme je l'ai dit plus haut le climat des régions occidentale et centrale est certes généralement peu favorable à la forêt avec sa longue sécheresse. La forêt de l'Est est, au contraire, arrosée parfaitement, aussi bien quant à la régularité des pluies qu'à la quantité d'eau. Il est possible — nous ne disposons pas de mesures expérimentales à ce sujet — que la luminosité y soit médiocre (radiation globale annuelle). A partir d'une certaine altitude, la température moyenne est probable-

Source : MNHN, Paris

Pl. 5. — De gauche à droite : Le « bad land » du Haut Sambirano. Réinstallation d'une mince végétation ligneuse dans les ravins (Photo AUBRÉVILLE). — Formation d'un lavaka dans un périmètre de reboisement établi sur une colline déboisée. A gauche, une ligne de décrochement du sol, annonce d'un lavaka. Station de Manjakatompo (Photo AUBRÉVILLE).

Source : MNHN, Paris

ment inférieure à l'optimum thermique recherché par le type de végétation forestière malgache, ce qui nuit à la croissance et à la vitalité des espèces. Il est possible que l'élément température soit dans les forêts d'altitude (au-dessus de 800 m?) une cause de déficience. Il est remarquable que des phénomènes de refroidissement capables d'arrêter la vie des arbres se manifestent sur les hauts plateaux, certes très exceptionnellement, mais qui peuvent faire penser d'une façon plausible que les minima moyens de température sont peu élevés au-dessus du seuil thermique critique en dessous duquel la flore forestière présente ne pourrait plus exister. Un contrôleur forestier a observé un jour un froid inaccoutumé dans des fonds en forêt primaire, entre Moramanga et Anosibé, entre 900 et 1000 mètres d'altitude; les arbres accusèrent immédiatement ce refroidissement en perdant leurs feuilles. Des froids sur les hauts plateaux ont détruit ou fait dépérir des plantations d'Eucalyptus adultes.

Il serait intéressant de rassembler tous les cas où la végétation forestière paraît dépérissante, sans qu'on puisse accuser ni les défrichements, ni les feux. J'en ai observé quelques-uns au hasard des étapes de mon voyage. Par exemple les peuplements de tapia de la région d'Arivonimamo à l'Ouest de Tananarive (1300-1400 m alt.) sont très dégradés en général, étant trop clairs, et installés sur des argiles latéritiques plus ou moins érodées. Mais en outre les peuplements du bas des pentes, dans les vallées, sont plus spécialement dépérissants. Les arbres meurent en cime, des gourmands se forment sur les branches les plus basses ainsi que des rejets au pied. L'observation est générale. Sur les sommets et à la partie supérieure des pentes ces signes de déclin des tapias ne sont pas visibles. Peut-être faut-il mettre en cause des coulées d'air froid dans les vallées! Ce cas se rattacherait alors à ceux que je viens de citer plus haut. Ces tapias sont une formation très ancienne; comment aurait-elle pu se maintenir jusqu'à présent dans les pentes inférieures des vallées si des coups de froid s'étaient produits depuis toujours, même à intervalles de temps éloignés?

Dans d'autres exemples l'érosion était manifestement la cause de la dégradation du peuplement. Le beau massif forestier de la Sakoa et de la Sakemena affluent de l'Onilahy (Est de Tuléar) est établi sur des sols très superficiels, voire rocheux, qui sont facilement érodés par décapage. Autour du massif principal des îlots forestiers sont disséminés dans toutes les situations topographiques possibles, versants, sommets, creux, indifféremment. Ils sont plantés parfois sur des collines nues, ou presque sans herbages, dans des éboulis de rochers, etc... Évidemment ils firent partie autrefois d'une même forêt continue. Comment expliquer sa régression? Ni les tavy, ni les feux de steppes herbeux trop maigres, ne peuvent ici être mis en cause d'une façon générale. Je pense que l'érosion superficielle a provoqué d'abord le dépérissement des arbres puis leur mort. Les habitants cultivent quelquefois le maïs en forêt, en supprimant le sous-bois mais en laissant debout la futaie. Le brûlage des broussailles doit déjà détruire une partie des arbres. Il met aussi, avec la culture, le sol à nu. L'érosion se produit, et il suffit qu'elle ait dénudé complètement une

Source : MNHN, Paris

parcelle du sol, pour qu'elle fasse ensuite, seule, son travail de proche en proche, étendant la surface affectée. Sur le périmètre, l'attaque du sol se fait entre les arbustes et les arbres, décapant la faible couche de terre, déchaussant les racines, isolant et tuant successivement ces arbres et arbustes.

Ailleurs j'ai vu des peuplements dépérissants sans que j'aie eu l'occasion d'en étudier la cause : des peuplements dégradés de *Dicoma* dans l'Isalo voisin de bois de tapia; beaucoup de fûts étaient morts; cependant le Dicoma est une des rares espèces qui s'adaptent à la vie de la savane brûlée chaque année; si, ici, le feu fut l'agent de leur destruction, c'est que le peuplement était physiologiquement déjà dépérissant; entre la Linta et Betioky, dans un pays absolument plat garni de pauvres steppes herbeuses peuplées pratiquement du seul Sakoa (*Poupartia caffra*), beaucoup d'arbres de cette espèce qui résiste typiquement aux feux étaient morts et termités. Les termites n'étaient pas responsables de cette destruction, mais sans doute une modification du sol, peut être un colmatage superficiel? De larges plages de sol nu, sans aucune herbe, s'étalent fréquemment dans ces steppes (terre de vieilles termitières érodées).

Ainsi donc nous constatons, d'une façon générale, à Madagascar, une faible vitalité de la flore forestière, se manifestant : par une reconstitution spontanée, après défrichements ou incendies, lente, difficile, parfois impossible; par un pouvoir d'expansion médiocre; par une extrême vulnérabilité aux feux; occasionnellement par une grande réceptivité à des altérations passagères d'éléments climatiques ou à la dégradation des sols par l'érosion. Elle aboutit à la destruction rapide, généralement irréversible, de la végétation forestière, qui est réalisée aujourd'hui sur plus de 90 % de la Grande Ile. Cette disparition d'une flore est un fait qui n'est probablement pas unique dans les pays tropicaux. En particulier, nous savons quelle est la gravité de la régression de la végétation forestière du continent africain tout entier, entré depuis longtemps dans un cycle de savanisation et de désertification. Néanmoins, en général, la défense spontanée de la végétation y est beaucoup plus vive qu'à Madagascar. Les forêts sèches attaquées par les feux et les défrichements se transforment en forêt claire ou en savane boisée, qui conservent une grande partie des constituants de la forêt primitive. Ces formations nouvelles, quoique dégradées, s'adaptent aux nouvelles conditions d'existence, ce qui leur permet de résister très longtemps à la disparition complète. Par ailleurs leur puissance d'expansion et de reconstitution est très grande. Les forêts humides africaines, elles, ont en général une vitalité puissante et un pouvoir d'invasion certain au-delà de leurs lisières actuelles. Dans quelques régions seulement nous pourrions constater un défaut de résistance qui a entraîné la destruction totale des forêts sur de grandes étendues, ainsi qu'à Madagascar. Le phénomène d'absence de vitalité des formations forestières malgaches, sous tous les climats de l'Ile, sans être donc exceptionnel, est par son ampleur particulièrement étonnant. Quelles peuvent être les causes profondes de cette carence physiologique? Si nous osons nous aventurer dans l'espace des vastes constructions hypothétiques,

Source : MNHN, Paris

nous indiquerons la sénilité d'une flore insulaire archaïque, ou un défaut d'équilibre de cette flore avec le climat actuel supposant des modifications survenues dans le climat écologique ancien qui correspondait à son optimum biologique, ou peut-être les deux causes ensemble. Sur les paléoclimats qui ont régné á Madagascar depuis l'époque tertiaire, nous ne savons rien. Par contre, il est certain que le fond de la flore malgache est excessivement ancien. Jusqu'à l'arrivée de l'homme, cette flore forestière, mélange de reliques d'anciennes connexions avec l'Afrique, les Indes et des continents disparus, Lémurie et continent austral, est demeurée en place, se transformant très lentement et avec beaucoup de retard par rapport à des modifications des climats. L'homme en défrichant et en brûlant a déclenché la décadence, la rupture d'équilibre, et ce fut la disparition brutale de la flore et de ses formations. Les sols demeurés longtemps défendus de l'érosion par une couverture forestière intacte, ont été entraînés dans la dégradation générale. Madagascar d'abord écorchée par l'homme, fait désormais peau neuve.

*
* *

Je n'ai aujourd'hui rien á retrancher des opinions émises dans ce rapport. Les hypothèses d'ensemble que je proposais sont devenues aujourd'hui convictions. Madagascar a connu avant l'arrivée de l'homme des périodes climatiques plus humides que la période actuelle. La végétation forestière couvrait entièrement la surface du pays, forêts du type humide sempervirent à l'Est, forêts denses sèches semi-décidues à l'Ouest, bois-fourrés denses au sud-est et au nord, semblables aux forêts actuelles, mais continues. Puis une période climatique plus sèche est survenue, rendant probablement les conditions biologiques moins favorables à la vitalité des forêts á l'Ouest comme á l'Est. Au cours de cette période l'homme venu d'ailleurs est entré en action. Pour se déplacer, pour ouvrir des pâturages, pour cultiver, il a mis partout le feu où il passait. Le processus de la régression des forêts était déclanché. Elle a progressé très vite dans les régions de l'Ouest et du Centre où il existait un déséquilibre accentué entre le milieu et les phytocénoses. La couverture forestière du sol étant déchirée, une phase d'érosion très active a commencé. Elle se poursuit de nos jours. Le renouvellement du modelé de l'île s'effectue sur une vaste échelle, affectant presque tout le pays, par le processus généralisé de la « lavakose », favorisé par la présence des couches épaisses d'argiles latéritiques qui s'étaient formées autrefois sous la couverture forestière et par un climat plus humide. Il est possible qu'un nouvel état d'équilibre du modelé soit atteint dans un temps imprévisible. Une végétation forestière secondaire en expansion suit en effet la progression de l'érosion sur le vieux relief. Cela est perceptible sur les photographies aériennes des plateaux qui donnent souvent de claires vues d'ensemble du présent et où le développement futur du modelé et de la végétation forestière qui s'y adapte, paraît presque évident.

Le « bad land » du haut Sambirano pose un problème spécial. Il est

Source : MNHN, Paris

certain que cette région montagneuse dominée par le massif du Tsaratanana, le plus élevé de Madagascar, fut intégralement boisée. Certaines chaînes le sont toujours, y compris les plus élevées. Le climat y est partout favorable à la forêt. Cela apparaît admirablement sur la photographie aérienne n° 4. Comment expliquer que les reliefs de piedmont moins élevés aient été totalement déforestés et qu'ils furent alors soumis à une érosion intense, creusant et surcreusant, aboutissant au « bad land »? L'homme ne peut être mis en cause, mais vraisemblablement un phénomène physique, un relèvement brusque du niveau de base du bassin, amenant rapidement la dénudation totale des sols et leur ravinement accéléré.

Aujourd'hui cependant il semble que l'on y soit entré dans un cycle de stabilisation récent des terres et d'offensive d'une végétation ligneuse. La photographie aérienne n° 5 montre clairement les filets de végétation forestière remontant dans les ravins et ravineaux, parfois atteignant les crêtes. Sur la photographie n° 4, le massif du premier plan est presque entièrement boisé sauf les crêtes. Ne faut-il pas voir ici le résultat de la reforestation à laquelle les parties hautes du relief se soustraient encore. On peut le penser si on compare ce paysage à celui des vieux massifs où au contraire les pentes inférieures sont dénudées tandis que les crêtes sont intégralement boisées.

Devant ces phases d'érosion, l'homme contemporain est certainement désarmé. La suppression radicale des feux de brousse dans les savanes et les steppes herbeuses freinerait peut-être le processus d'érosion, mais je doute qu'il puisse le gagner de vitesse et l'arrêter définitivement. Le rajeunissement du relief est en cours, provoqué indirectement par l'homme, mais aujourd'hui celui-ci est impuissant devant un phénomène géomorphologique d'une telle ampleur.

A mon avis il n'y a qu'une ligne de résistance possible, celle des lisières des massifs forestiers encore intacts ou presque. Là où règne la vieille forêt, la terre reste en place. Il se produit certes, dans les régions montagneuses, des crevasses d'érosion, même sous les forêts primitives. Quelquefois des glissements de terres saturées d'eau dans les saisons des pluies entraînent dans leur coulée leur couvert forestier, mais ces faits sont très localisés. La végétation forestière reprend rapidement possession d'un sol temporairement dénudé. Une action probablement efficace consisterait donc à limiter le champ total d'activité de l'érosion par la défense absolue d'une bande périphérique des forêts, consistant en des interdictions absolues de défrichements, et par la protection contre les feux de brousse des savanes sur les lisières. Ce sont des mesures limitées de protection, mais déjà difficiles à faire appliquer. Sinon il faudra se résigner à déplorer passivement cette phase de décapage de toutes les terres malgaches. On ne peut sauver les secteurs trop gangrenés de l'île mais on doit pouvoir sauver ceux qui sont encore — et pour combien de temps — forestiers. Reste encore le contrôle des tavy à l'intérieur des massifs forestiers. C'est un problème grave que nous ne pouvons traiter ici.

Laboratoire de Phanérogamie
Muséum - Paris

Source : MNHN, Paris